



Japanese Patent Laid-Open No. 2001-168482 (published on June 22, 2001)

Japanese Patent Laid-Open No. 2001-168482 discloses a ceramic circuit board wherein a metal circuit plate is bonded to a ceramic substrate via a brazing filler metal which is an Al-Si brazing filler metal and which contains 7 wt% or less of Si. Japanese Laid-Open No. 2001-168482 also discloses a method for arranging an aluminum plate on a ceramic substrate via an Al-Si brazing filler metal to heat them in vacuo to bond the aluminum plate to the ceramic substrate via the brazing filler metal, and a method for bonding an Al-Si alloy plate containing 50 wt% or less of Si directly to a silicon nitride (Si_3N_4) substrate.

Japanese Patent Laid-Open No. 52-37914 (published on March 24, 1977)

Japanese Patent Laid-Open No. 52-37914 discloses a method for bonding a metal to a substrate, the method comprising the steps of: selecting a substrate from ceramic and metal substrates; selecting a metal capable of being bonded directly to the substrate; preparing a binder capable of reacting with the metal to produce an eutectic alloy, most of which consists of the metal and which has a lower eutectic point than the melting point of the metal, the binder being suitable for the substrate; arranging the metal on the substrate; causing the metal to contact a solid state supply source for the binder, to expose the interface between the metal and the substrate to the solid

state supply source, and simultaneously, heating the metal and substrate in an inert atmosphere at a temperature between the eutectic point and the melting point for at least a few seconds sufficient for producing a molten material between the metal and the substrate, the exposing and heating steps being carried out so that at least the molten material finally becomes a hypo-eutectic; and cooling the molten material to bond the metal directly to the substrate. That is, Japanese Patent Laid-Open No. 52-37914 discloses a so-called eutectic bonding method for heating an Si containing aluminum plate and a ceramic substrate in an inert atmosphere at a temperature between their eutectic point and the melting point of aluminum to produce an Al-Si eutectic melt between the Si containing aluminum plate and the ceramic plate to bond the Si containing aluminum plate directly to the ceramic substrate without the need of any intermediate materials such as a brazing filler metal.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-168482

(P2001-168482A)

(43) 公開日 平成13年6月22日 (2001.6.22)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
H 0 5 K	1/09	H 0 5 K	1/09 A 4 E 3 5 1
	1/02		1/02 L 5 E 3 3 8
	1/03		1/03 6 1 0 D 5 E 3 4 3
	3/38		3/38 E 5 E 3 4 6
	3/46		3/46 H
審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 17 頁)			

(21) 出願番号 特願2000-277578(P2000-277578)

(22) 出願日 平成12年9月13日 (2000.9.13)

(31) 優先権主張番号 特願平11-274817

(32) 優先日 平成11年9月28日 (1999.9.28)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平11-277589

(32) 優先日 平成11年9月29日 (1999.9.29)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 那波 隆之

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 小森田 裕

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100078765

弁理士 波多野 久 (外1名)

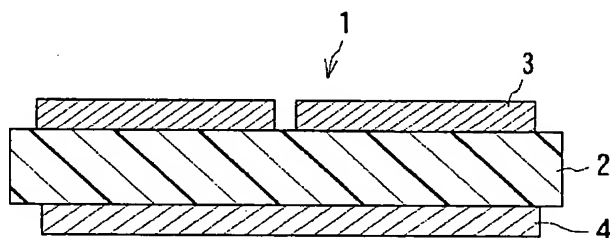
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 セラミックス回路基板

(57) 【要約】

【課題】 高い接合強度を有するとともに、高耐熱サイクル性を有し、電子機器としての動作信頼性を向上させたセラミックス回路基板を提供する。

【解決手段】 セラミックス基板と金属回路板とをろう材層を介して接合したセラミックス回路基板において、ろう材層が A l - S i 系ろう材から成り、ろう材に含有される S i 量が 7 重量% 以下であることを特徴とするセラミックス回路基板である。また、金属回路板の周縁部に薄肉部、孔、溝を形成することが好ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミックス基板と金属回路板とをろう材層を介して接合したセラミックス回路基板において、ろう材層がA1-Si系ろう材から成り、ろう材に含有されるSi量が7重量%以下であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項2】 請求項1記載のセラミックス回路基板において、前記セラミックス基板が窒化けい素から構成されることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項3】 請求項1記載のセラミックス回路基板において、前記金属回路板がアルミニウム(A1)板またはアルミニウム合金板であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項4】 請求項3記載のセラミックス回路基板において、前記アルミニウム合金がA1-Si合金であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項5】 請求項1記載のセラミックス回路基板において、前記金属回路板のピール強度が7kg/cm以上であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項6】 セラミックス基板と金属回路板とをろう材層を介して接合したセラミックス回路基板において、ろう材層がA1とアルカリ土類金属元素またはその化合物から成り、ろう材層に含有されるアルカリ土類金属元素またはその化合物の量が12wt%以下であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項7】 セラミックス基板に金属回路板を接合して成るセラミックス回路基板において、窒化アルミニウム、窒化けい素および酸化アルミニウムの少なくとも1種からなるセラミックス基板と、このセラミックス基板に一体に形成されたA1を主成分とするろう材からなる接合層と、この接合層に一体に形成され、上記ろう材と金属回路板との合金化を防止する隔離層と、この隔離層を介して接合される金属回路板とを備えることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項8】 請求項7記載のセラミックス回路基板において、前記隔離層は、粒径が10μm以下の金属粉末を含む金属ペーストまたは金属箔からなることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項9】 請求項7記載のセラミックス回路基板において、前記隔離層の厚さが10μm以上であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項10】 請求項8記載のセラミックス回路基板において、前記隔離層の金属ペーストまたは金属箔を構成する金属がNi、SnおよびInのいずれかの金属であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項11】 セラミックス基板に金属回路板を接合して成るセラミックス回路基板において、窒化アルミニウム、窒化けい素および酸化アルミニウムの少なくとも1種からなるセラミックス基板と、このセラミックス基板に一体に形成されA1を主成分とするろう材または合

金からなる第1接合層と、この第1接合層に一体に接合され、第1接合層と金属回路板との合金化を防止する隔離層と、この隔離層表面に形成されA1を主成分とするろう材または合金からなる第2接合層と、この第2接合層を介して接合される金属回路板とを備えることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項12】 請求項11記載のセラミックス回路基板において、前記接合層および隔離層の厚さがそれぞれ10μm以上であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項13】 セラミックス基板に金属回路板を接合して成るセラミックス回路基板において、前記セラミックス基板は熱伝導率が50W/m・K以上である窒化珪素基板から成る一方、前記金属回路板はアルミニウム回路板から成り、上記窒化珪素基板とアルミニウム回路板とがろう材層を使用することなく、直接接合されていることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項14】 請求項13記載のセラミックス回路基板において、前記アルミニウム回路板のSi含有量が50wt%以下であることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項15】 請求項13または14記載のセラミックス回路基板において、少なくとも2枚以上のアルミニウム回路板が窒化珪素基板を介して積層された多層回路基板構成とされていることを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項16】 請求項1、6、7、11、13のいずれかに記載のセラミックス回路基板において、前記金属回路板は外周縁部内側に薄肉部を有することを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項17】 請求項1、6、7、11、13のいずれかに記載のセラミックス回路基板において、前記金属回路板は、前記セラミックス基板との接合面の反対側の面の外周縁部内側に設けられる複数の孔を有することを特徴とするセラミックス回路基板。

【請求項18】 請求項1、6、7、11、13のいずれかに記載のセラミックス回路基板において、前記金属回路板は、前記セラミックス基板との接合面の反対側の面の外周縁部内側に設けられ、外周縁部に沿って複数の不連続な溝を有することを特徴とするセラミックス回路基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高耐熱サイクル性および高い接合強度特性を兼ね備え、パワートランジスタモジュール用基板として好適なセラミックス回路基板に係り、特に窒化珪素基板などのセラミックス基板とアルミニウム回路板などの金属回路板との接合により高熱伝導性および高強度を付与したセラミックス回路基板に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、セラミックス基板に金属回路板を接合したセラミックス回路基板が、電子部品や機械部品等に広く適用されている。また、半導体素子等の電子部品を搭載するための基板として、セラミックス基板や樹脂基板等の種々の基板が用いられている。これらの基板のうち、セラミックス基板は優れた絶縁性および放熱性を有することから、高放熱性電子部品を搭載するための基板として多用されている。

【0003】セラミックス基板には、これまで、比較的入手が容易なアルミナ焼結体が主として用いられてきたが、最近の半導体素子の高集積化、高周波化、高出力化等に伴う半導体素子からの発熱量の増加傾向に対し、アルミナ基板では放熱性の点で限界が生じている。そこで、アルミナに比べて熱伝導率が約10倍程度高く、さらに熱膨張率がSiに近似する窒化アルミニウム(AlN)焼結体からなるセラミックス基板が提案され、すでに実用化されている。

【0004】すなわち、各種電子機器の構成部品として、高熱伝導率を有する回路基板が広く使用されている。例えば、170W/mKクラスの高熱伝導率を有する窒化アルミニウム(AlN)焼結体をセラミックス基板とし、または、70W/mKクラスの高熱伝導率を有する窒化けい素(Si₃N₄)焼結体をセラミックス基板としたセラミックス回路基板が広く使用されている。

【0005】ところが、窒化アルミニウム基板は上述したような特性を有する反面、機械的強度や靱性等が低いことから、アッセンブリ工程での締付により割れが発生したり、また熱サイクルが付加された際にクラックが発生し易い等の難点を有している。特に、自動車や航空機、工作機械やロボット等の苛酷な荷重、熱的条件下で適用されるパワートランジスタモジュールに適用する場合には、この難点が顕著となってきている。

【0006】このため、電子部品搭載用のセラミックス基板としては、機械的な信頼性の向上が求められ、窒化アルミニウム基板より熱伝導率は劣るものの、熱膨張率がSiに近似すると共に、機械的強度や靱性に優れる窒化珪素(Si₃N₄)焼結体からなるセラミックス基板が注目されている。窒化珪素基板においても、焼結体原料となる窒化珪素粉末の粒径や焼結助剤組成等を制御することによって、例えば50W/m・K以上の熱伝導率

が実現されるようになってきている。

【0007】窒化けい素(Si₃N₄)焼結体をセラミックス基板とした回路基板は、例えば、以下に示す活性金属法により製造される。

【0008】まず、Ag-Cu-Ti系ろう材を窒化けい素(Si₃N₄)基板上にスクリーン印刷し、この印刷面上にCuからなる金属回路板を配置し、850℃程の温度で加熱処理し、セラミックス基板と金属回路板とを接合してセラミックス回路基板とする。

【0009】このようにして得られたセラミックス回路基板は、活性金属であるTiと窒化物系セラミックス基板のNとが共有結合してTiN(窒化チタン)となり、このTiNにより接合層を形成するため、ある程度の高い接合強度を得ることができる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、車載用半導体モジュール等にセラミックス回路基板を適用した場合には、セラミックス回路基板に厳しい熱負荷がかかり、金属回路板の縁部に微小クラックが発生してしまう。この微小クラックが発生したまま熱負荷サイクルがかかり続けた場合、金属回路板がセラミックス基板から剥がれてしまい、接合強度不良または熱抵抗不良を招き、電子機器としての動作信頼性が低下してしまう等の問題を有していた。

【0011】ところで、上述したセラミックス基板に金属回路板を接合してなるセラミックス回路基板において、従来では金属回路板に主として銅回路板が適用されている。これは、銅の高導電性および低歪特性等により、良好な回路機能が得られるためである。

【0012】しかし、上述したパワートランジスタモジュールへの適用に際し、セラミックス基板を窒化珪素基板とし、金属回路板を銅回路板としたものでは、アッセンブリ工程での締付により発生する割れ防止に対しては有効性が高いものの、熱サイクルが付加された際に窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果については、なお不満足な状態にあり、同効果の一層の向上について強い要望がある。

【0013】また近年、電子機器の小型化はさらに進んでおり、それに伴って回路基板の実装スペースの一層の縮小も強く望まれている。これに対し、従来の一般的な単層構造のセラミックス基板では一定の平面積を必要とするため、実装スペースの縮小には限界がある。

【0014】本発明は、このような問題を解決するためになされたものであり、高い接合強度を有するとともに、高耐熱サイクル性を有し、電子機器としての動作信頼性を向上させたセラミックス回路基板を得ることを目的とする。

【0015】また、本発明の他の目的は、セラミックス基板を窒化珪素基板とすることにより、アッセンブリ工程での締付により発生する割れ防止に対して高い有効性を発揮できるのは勿論、金属回路板を銅回路板とした場合に比し、熱サイクルが付加された際に窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果を大幅に向上でき、それにより特に耐用性の面での有用性を高めることができるセラミックス回路基板を提供することにある。

【0016】また、本発明の他の目的は、機器に対する実装スペースの縮小化に寄与でき、しかもその場合に、熱サイクルに対する窒化珪素基板のクラック抑制効果を失うことがないセラミックス回路基板を提供することに

ある。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本願発明者は、セラミックス基板および金属回路板を接合するろう材の種類およびこのろう材からなる接合層の配置を検討した結果、以下のような知見を得た。

【0018】接合層を形成するA1を主成分とするろう材は、AlNまたはSi₃N₄などのセラミックス基板に濡れて強固に結合し、セラミックスをメタライズする作用がある。このため、金属回路板としてAlN板を適用する場合には、A1を主成分とするろう材を用いてセラミックス基板およびAlN回路板を接合すると良い。

【0019】一方、A1を主成分とするろう材を介して銅板をセラミックス基板に接合すると、CuとA1とが合金化し、A1のセラミックス基板への濡れ性が悪くなり接合できない。そこで、接合層と銅板との間に、Sn、Inなどの、周期率表Ib、IIb、IIIb、IVb族の少なくとも1種類の元素からなる金属箔等の隔離層を挿入することで、この隔離層がCuとA1との合金化を防止し、その結果、セラミックス基板と銅板とを高い接合強度で接合することができることが判明した。

【0020】また、隔離層として使用したIVb族のSn、ろう材であるA1は、いずれも降伏応力が20MPa以下の軟質金属であるため、回路基板の銅板とセラミックス基板との線膨張係数差に起因する残留応力、またはその後の熱負荷サイクルによる熱応力を著しく低減でき、耐熱サイクル性が向上しセラミックス自体に熱応力によるクラックが生じにくくなる。また、熱サイクルによるクラックが生じないことから、接合強度が低下しないということも判明した。

【0021】本願発明は、これらの知見に基づいて完成されたものである。すなわち、本願第1の発明に係るセラミックス回路基板は、セラミックス基板と金属回路板とをろう材層を介して接合したセラミックス回路基板において、ろう材層がAl-Si系ろう材から成り、ろう材に含有されるSi量が7重量%以下であることを特徴とする。

【0022】また、上記セラミックス回路基板において、前記セラミックス基板が窒化けい素で構成されることが好ましい。さらに前記金属回路板がアルミニウム(A1)板またはアルミニウム合金板であることが好ましい。また、前記アルミニウム合金がAl-Si合金であることが好ましい。さらに、前記金属回路板のピール強度が7kg/cm以上であることが好ましい。

【0023】また、Al-Si合金の代りにA1とアルカリ土類金属元素またはその化合物から成るろう材層を適用することも可能である。その際は、ろう材層中のアルカリ土類金属元素またはその化合物の含有量は12wt%以下であることが好ましい。

【0024】本願の第2の発明に係るセラミックス回路

基板は、セラミックス基板に金属回路板を接合して成るセラミックス回路基板において、窒化アルミニウム、窒化けい素および酸化アルミニウムの少なくとも1種からなるセラミックス基板と、このセラミックス基板に一体に形成されたA1を主成分とするろう材からなる接合層と、この接合層に一体に形成され、上記ろう材と金属回路板との合金化を防止する隔離層と、この隔離層を介して接合される金属回路板とを備えることを特徴とする。

【0025】また、上記第2の発明に係るセラミックス回路基板において、前記隔離層は、粒径が10μm以下の金属粉末を含む金属ペーストまたは厚さ10μm以上の金属箔からなることが好ましい。さらに、前記隔離層の厚さが10μm以上であることが好ましい。また、前記隔離層の金属ペーストまたは金属箔を構成する金属がNi、SnおよびInのいずれかの金属であることが好ましい。

【0026】本願第3の発明に係るセラミックス回路基板は、セラミックス基板に金属回路板を接合して成るセラミックス回路基板において、窒化アルミニウム、窒化けい素および酸化アルミニウムの少なくとも1種からなるセラミックス基板と、このセラミックス基板に一体に形成されA1を主成分とするろう材または合金からなる第1接合層と、この第1接合層に一体に接合され、第1接合層と金属回路板との合金化を防止する隔離層と、この隔離層表面に形成されA1を主成分とするろう材または合金からなる第2接合層と、この第2接合層を介して接合される金属回路板とを備えることを特徴とする。

【0027】また、上記第3の発明に係るセラミックス回路基板において、前記接合層および隔離層の厚さがそれぞれ10μm以上であることが好ましい。

【0028】また前記の他の目的を達成するため、本願第4の発明では基本的に、セラミックス基板に金属回路板を接合してなるセラミックス回路基板において、前記セラミックス基板は熱伝導率が50W/m・K以上である窒化珪素(Si₃N₄)基板から成る一方、前記金属回路板はアルミニウム回路板から成り、上記窒化珪素基板とアルミニウム回路基板とがろう材層を使用することなく直接接合されていることを特徴とするセラミックス回路基板を提供する。ここで、アルミニウム回路板としては、アルミニウム(A1)の単体または合金を適用する。

【0029】本願第4の発明によれば、金属回路板をアルミニウム回路板としたことにより、銅回路板とした場合に比べて、熱サイクルが付加される使用条件下において窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果を大幅に向上することができる。

【0030】すなわち、発明者の検討によれば、銅(Cu)は一定温度範囲内、例えば0℃~100℃の範囲内で熱サイクルを受けた場合に、弾性的な変形により熱延びおよび熱収縮を繰返し、定形性(平板の場合は平坦

性)を維持する。このことは、窒化珪素基板に銅回路板を接合したセラミックス回路基板においては、熱サイクルによって生じる銅回路板の伸びと収縮とが窒化珪素基板に常時作用することを意味し、それにより窒化珪素基板には熱サイクルによる大きい応力が発生し、クラック、ひび割れ等の原因となっていたものである。

【0031】これに対し、アルミニウムは熱サイクルによって塑性変形が残留し易く、例えば $0^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ の範囲内で熱サイクルを受けた場合に、塑性変形が次第に蓄積してゆく。つまり熱伸びが蓄積して、平板の場合は微細な皺が発生する状態となる。したがって、窒化珪素基板にアルミニウム回路板を接合したセラミックス回路基板においては、熱サイクルによってアルミニウム回路板自身が変形し、窒化珪素基板には熱サイクルによる応力がそれほど生じない。このため、窒化珪素基板にはクラック、ひび割れ等が殆ど発生しない。

【0032】以上の現象から、金属回路板をアルミニウム回路板とした本願第4の発明においては、銅回路板とした場合に比べて、熱サイクルが付加される使用条件下において窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果が大幅に向上するものである。

【0033】本願第4の発明に係るセラミックス回路基板においては、回路基板の高い放熱性を確保するために、窒化珪素基板は熱伝導率が $50\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 以上であることが必要である。

【0034】また、第4の発明においては窒化珪素基板とアルミニウム回路板とは、ろう材層を介することなく直接接合されていることが特徴であり、アルミニウム回路板中にSiを含有したAl-Si合金板を使用すると、より優れた接合強度が得られる。これは、第1または第2の発明で使用したAlろう材層をAl板またはAl合金板に置き換えることにより、Al-Si合金板に接合層と回路板と両方の機能効果を持たせたものである。

【0035】このように本発明は第1ないし第4の発明の形態を具備するものである。Alろう材層中のSi量は、第1の発明では $7\text{wt}\%$ 以下であることが望ましく、第2ないし第4の発明では $50\text{wt}\%$ 以下であることが望ましい。

【0036】第1の発明の形態においてAlろう材中のSi量が $7\text{wt}\%$ を超えてしまうと、例えば金属回路板がCu板である場合、Cu板とAlろう材が熔融混合して合金化し易くなってしまふ。合金化してしまふと、AlとCuとで脆弱な金属間化合物が形成されて、接合強度を低下させてしまふ。

【0037】これに対し、第2および第3の発明の形態では、Alろう材層と金属回路板との合金化を防止する隔離層を設けていることから、Alろう材中のSi量を $50\text{wt}\%$ 以下まで添加しても問題はない。また、金属回路板と隔離層は若干の合金化現象を示すが、隔離層と

してSn、Inなどの周期律表Ib、IIb、IIIb、IVb族の少なくとも1種の元素を用いることにより、合金化現象を金属回路板の厚さの 10% 以下に抑えることができる。

【0038】同様に第4の発明の形態においてもAl-Si回路板を直接接合していることから、別途設けた金属回路板との合金化を考慮する必要がないため、Si量を $50\text{wt}\%$ 以下まで適用可能である。 $50\text{wt}\%$ を超えてSiを添加すると、Siが単独で結晶化してしまい接合強度を低下させてしまふ。したがって、第2ないし第4の発明の形態においては、Alろう材またはAl回路板におけるSi含有量は $50\text{wt}\%$ 以下、好ましくは $15\text{wt}\%$ 以下となる。

【0039】なお、第1ないし第4の発明の形態においてSiの含有量は少なくとも $0.01\text{wt}\%$ 以上であることが好ましい。Si含有量が $0.01\text{wt}\%$ 未満であると添加の効果が得られないからである。また、共晶接合を維持するためにはSi含有量が $0.05\text{wt}\%$ 以上であることが好ましい。

【0040】したがって、Alろう材または金属回路板中のSi量をまとめると、第1の発明の形態においては $0.01\text{wt}\%$ 以上 $7\text{wt}\%$ 以下、第2の発明の形態においては $0.01\text{wt}\%$ 以上 $50\text{wt}\%$ 以下、第3の発明の形態においては $0.01\text{wt}\%$ 以上 $50\text{wt}\%$ 以下、第4の発明においては $0.01\text{wt}\%$ 以上 $50\text{wt}\%$ 以下、さらに好ましくは第1の発明の形態において $0.05\text{wt}\%$ 以上 $1\text{wt}\%$ 以下、第2の発明の形態において $0.05\text{wt}\%$ 以上 $15\text{wt}\%$ 以下、第3の発明の形態において $0.05\text{wt}\%$ 以上 $15\text{wt}\%$ 以下、第4の発明の形態において $0.05\text{wt}\%$ 以上 $15\text{wt}\%$ 以下となる。また、第1の発明の形態においてアルカリ土類金属またはその化合物を添加する場合においても、 $0.01\text{wt}\%$ 以上 $12\text{wt}\%$ 以下の範囲が好ましい。

【0041】また、セラミックス基板としては窒化珪素、窒化アルミニウム、酸化アルミニウムなど様々なセラミックスが適用可能であるが、窒化珪素基板を用いた場合は第1ないし第4の発明の形態において、Alろう材中のSi量を $7\text{wt}\%$ 以下、さらには $2\text{wt}\%$ 以下と少なくすることができる。これは窒化珪素基板中に接合に寄与するSiが元々含まれているため、接合層において窒化珪素基板側からSiの供給が行われるためである。

【0042】また、本発明に係るセラミックス回路基板においては、少なくとも2枚以上のアルミニウム回路板が窒化珪素基板を介して積層された多層回路基板構成とされていることが望ましい。

【0043】このような構成によれば、基板厚さ方向への積層構造によって必要平面積を縮小することができ、機器に対する実装スペースの縮小化、ひいては電子機器の小型化の進展に寄与できる。しかもその場合、前記の

各構成に基づく熱サイクルに対する窒化珪素基板のクラック抑制効果は失うことがなく、したがって、強度向上とスペース縮小の両面から優れた効果が奏される。

【0044】図6は、本発明のセラミックス回路基板の他の好適な構造例を示すものである。

【0045】本発明のセラミックス回路基板1cは、例えばセラミックス基板2に金属回路板としてのアルミニウム板3を接合したものである。このときアルミニウム板3の外周縁部を3aとした場合、外周縁部内側を薄肉部3bとすることにより、製造時および使用時にセラミックス基板にクラックが発生することを抑制できる。ここで、外周縁部内側とは、外周縁部から中央方向に向う一定距離の部分のことである。

【0046】例えば、アルミニウム板をセラミックス板に直接接合する際、アルミニウム板の融点以上に加熱するが、アルミニウム板の外周縁部内側に薄肉部を設けることによって、アルミニウム板外周縁部に発生する熱応力を、アルミニウム板の薄肉部の塑性変形により吸収し、セラミックス板にクラックが発生するのを抑制することが可能となる。

【0047】また、アルミニウム板とセラミックス板の接合時だけでなく、これらを接合した後の使用の際にも、冷熱サイクルにより熱応力が発生するが、この場合にもアルミニウム板外周縁部に発生する応力を、アルミニウム板の薄肉部の塑性変形により吸収し、セラミックス板にクラックが発生するのを抑制することが可能となる。

【0048】薄肉部3bの形状としては、例えば図7に示すように、アルミニウム板のセラミックス板と接合していない面を削り、段差を設けることが挙げられる。このような薄肉部3bの形成方法としては、機械的に加工する方法の他に、エッチング等により加工する方法が挙げられる。

【0049】薄肉部3bは、セラミックス基板とアルミニウム板とを接合した後に形成してもよいが、セラミックス板と接合する前に形成することによって、接合時の応力によりセラミックス板にクラックが発生することを抑制できるため、より効果的である。

【0050】このような薄肉部3bの形成範囲としては、例えばアルミニウム板の外周縁部からの長さをW、薄肉部の厚さをTとすると、Wは0.3mm以上1.0mm以下、Tはアルミニウム板の実装面の厚さの1/6以上5/6以下であることが好ましい。この薄肉部の外周縁部からの長さWが0.3mm未満であると、応力緩和効果が十分に得られずクラック発生の原因となる。また、1.0mmを超えた部分に形成されたものは、応力緩和効果が十分でなく、かつ実装面積も減少させてしまう。薄肉部3bの厚さTはアルミニウム板の実装面の厚さの1/6未満であると、アルミニウム板の強度を低下させる虞があり、5/6を超えると応力緩和効果が認め

られなくなる。

【0051】次に、本発明の他のセラミックス回路基板1dの一例を図8に示す。

【0052】本発明のセラミックス回路基板1dは、図8に示されるように、例えば金属回路板としてのアルミニウム板3とセラミックス板2との接合面と反対面側の外周縁部内側に複数の孔6が形成されているものである。

【0053】上述した本発明のセラミックス回路基板1dの好ましい形態としては、前記複数の孔6が例えばアルミニウム板3の外周縁部に沿って直線状に形成されているものである。この孔の断面形状は図9に示されるような円形状であっても、また図10に示されるような矩形状であってもよい。このような複数の孔は、エッチングにより形成してもよいし、金型を用いたプレス加工により形成してもよい。このように、複数の孔を直線状に形成することによって、アルミニウム板の外周縁部への応力集中を効率的に緩和させることができる。

【0054】このような孔の大きさとしては、図9に示されるように孔が円の場合は、孔の直径をDとしたとき、Dが0.3mm以上1.0mm以下であることが好ましい。また、孔と孔との間隔をLとしたとき、Lは0.3mm以上1.0mm以下であることが好ましい。さらに、金属板の外周縁部から孔までの距離をZとしたとき、Zは0.3mm以上であることが好ましい。

【0055】孔の直径が0.3mm未満では十分に応力を緩和することができず、また1.0mmを超えるとアルミニウム板の強度低下をもたらすとともに、実装面積の低下を招いてしまう。また、孔と孔との間隔はあまり大きすぎると、応力の緩和効果を十分に得られないおそれがあり、小さすぎると孔を加工するときにアルミニウム板の変形等を招いてしまう場合がある。また、金属板の外周縁部から孔の外周縁部までの距離Zが0.3mm未満であると応力緩和効果が十分でなくなる虞がある。

【0056】上述した複数の孔は図11や図12に示されるような非貫通孔6aであってもよいし、また図13に示すように貫通孔6bであってもよい。例えば、非貫通孔6aはプレス加工等により容易に形成することができるため、製造工数の削減等に有効である。また、貫通孔6bはDBA法を適用する場合に、接合に寄与せずにガス化した酸素などの排出孔としても機能させることができる。

【0057】ここで複数の孔を非貫通孔6aとする場合、その深さ方向の形状は図11に示すようにほぼ均一形状であってもよいし、また図12に示すように逆円錐状であってもよい。

【0058】次に、本発明のセラミックス回路基板の他の例について説明する。

【0059】本発明のセラミックス回路基板1eは、図14に示されるように、アルミニウム板3とセラミック

ス板2との接合面と反対面側の外周縁部内側に不連続な溝7が形成されているものである。このような不連続な溝7を設けることによってアルミニウム板3の外周縁部に発生する応力を効率的に緩和させることができる。ここで外周縁部内側とは、図14に示すように、金属回路板の外周縁部から中央方向に向った部分のことである。本発明のセラミックス回路基板においては、不連続な溝は直線状に配置されていることが好ましい。このように不連続な溝を直線状に形成することによって、より効率的に応力集中を緩和することができる。

【0060】図15は本発明のセラミックス回路基板1eの一部分を拡大したものである。ここで、Wは単体溝の幅を、Eは単体溝の長さを、Zは単体溝の外周縁部からの距離を表している。

【0061】不連続な溝を構成する各単体溝の形状、すなわち単体溝の幅W、長さEおよび外周縁部からの距離Zとしては、幅Wが0.05mm以上1.0mm以下、長さEが2.0mm以下、かつ外周縁部からの距離Zが0.3mm以上であることが好ましい。

【0062】幅Wが0.05mm未満の場合は、十分に応力を緩和することができず、1.0mmを超える場合は、アルミニウム板の強度低下を招くとともに、実装面積の低下を招くことになる。また、各単体溝の長さEが2.0mmを超えると、溝非形成領域の減少に伴ってアルミニウム板の変形を十分に抑制できない虞がある。また、外周縁部からの距離Zが0.3mm未満であると、十分な応力緩和効果が得られなくなる虞がある。

【0063】また、不連続な溝7の縦断面形状は図16に示すように、U字状の溝7aでもよいし、図17に示すように断面が逆三角形形状の溝7bであってもよい。但し、その深さHはアルミニウム板の実装面の厚さの1/6以上5/6以下であることが好ましい。

【0064】深さHがアルミニウム板の実装面の厚さの1/6未満の場合、応力の分散効果が不十分となる虞があり、またアルミニウム板の実装面の厚さの5/6を超える場合、アルミニウム板の強度低下等を招き易くなる。

【0065】さらに本発明のセラミックス回路基板に用いられるセラミックス基板としては、主としてアルミナ、窒化アルミニウムおよび窒化けい素から成る群から選ばれた少なくとも1種の材料からなるものであることが好ましい。

【0066】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について、以下の実施例および比較例を用いて説明する。

【0067】実施例1（表1：試料No. 1～試料No. 15）

本実施例1は、表1に示すNo. 1ないしNo. 15の試料に基づいて説明する。試料No. 1ないし試料No. 9は、AlN基板（熱伝導率 $k = 170 \text{ W/mK}$ ）

をセラミックス基板とし、試料No. 10ないし試料No. 15は、 Si_3N_4 基板（ $k = 70 \text{ W/mK}$ ）をセラミックス基板として用いた。

【0068】これらのセラミックス基板の両面に、表1に示すA1を主成分としたろう材ペーストをスクリーン印刷し、それぞれ金属回路板としてのCu回路板またはA1回路板を配置し、真空中 650°C の温度で接合し、各実施例1に係るセラミックス回路基板を調製した。

【0069】図1は、上記各実施例に係るセラミックス回路基板1の平面図であり、図2は図1に示すセラミックス回路基板1の断面図であり、図3は図1に示すセラミックス回路基板1の背面図である。

【0070】図1は、セラミックス回路基板1の表パターンを示す図であり、厚さ0.635mmのセラミックス基板としてのAlN基板または Si_3N_4 基板2上に、厚さ0.3mmの金属回路板としてのA1回路板3が配置される。また、図2に示すようにA1回路板3、4は、図示しないろう材層を介してセラミックス基板2の両面に接合されている。

【0071】図3は、セラミックス回路基板1の裏パターンを示す図であり、AlN基板または Si_3N_4 基板2上に、厚さ0.25mmのA1回路板4が配置される。なお、金属回路板としてCu板を用いた場合、セラミックス基板として Si_3N_4 を用いた場合もAlN基板と同一のサイズとした。

【0072】比較例1（表1：試料No. 16～試料No. 20）

本比較例1では、表1に示すNo. 16ないしNo. 20の試料に基づいて説明する。試料No. 16、18、20はAlN基板（ $k = 170 \text{ W/mK}$ ）、試料No. 17、19は Si_3N_4 基板（ $k = 70 \text{ W/mK}$ ）をセラミックス基板として用いた。

【0073】AlN基板および Si_3N_4 基板の上下面に、表1に示すAg-Cu-Ti（Ti含有量2wt%）などのろう材ペーストをスクリーン印刷した。その後、各基板上にCu回路板を配置した後、真空中、 850°C の温度で加熱処理して接合し、比較例1に係るセラミックス回路基板を調製した。

【0074】このようにして得られた実施例1および比較例1における、試料No. 1ないし試料No. 20のセラミックス回路基板について、耐熱サイクル特性および接合強度の評価を行った。評価は、500サイクル後または1000サイクル後でのTCTサイクル毎における微小クラック発生の有無の観察および接合強度（ピール強度）測定により行った。なお、TCT条件は、 $-40^\circ\text{C} \times 30 \text{ min} \rightarrow \text{RT} \times 10 \text{ min} \rightarrow 125^\circ\text{C} \times 30 \text{ min} \rightarrow \text{RT} \times 10 \text{ min}$ とした。また、微小クラックの有無は各TCT試験後のセラミックス回路基板に対し、金属回路板をエッチングにより除去し、蛍光探傷法により調べた。また、併せて各TCT試験後の金属回路

板のピール強度を評価した。評価結果を表1に示す。

*【表1】

【0075】

*

	試料No.	セラミック基板	接 合 層			金属回路板	クラック発生の有無		接合強度(kgf/cm)	
			ろう 材 成 分 (重 量 %)				TCTサイクル数		TCTサイクル数	
							500	1000	500	1000
実施例1	1	AlN	Bal.	6	—	Cu	無	無	12.4	11.9
	2	AlN	Bal.	—	Cu(10)	Cu	無	無	10.3	10.1
	3	AlN	Bal.	—	Mg(10)	Cu	無	無	14.6	13.3
	4	AlN	Bal.	3	—	Cu	無	無	13.8	13.4
	5	AlN	Bal.	1	—	Cu	無	無	14.9	14.6
	6	AlN	Bal.	0.1	—	Cu	無	無	15.4	15.2
	7	AlN	Bal.	0.05	—	Cu	無	無	15.8	15.7
	8	AlN	Bal.	0.05	—	Al	無	無	15.2	15.0
	9	AlN	Bal.	1	—	Al	無	無	14.3	13.9
	10	Si ₃ N ₄	Bal.	1	—	Cu	無	無	17.5	18.1
	11	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Ca(12)	Cu	無	無	16.8	16.7
	12	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Mg(1)	Al	無	無	13.9	13.2
	13	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Ca(1)	Al	無	無	13.9	13.3
	14	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Sr(1)	Al	無	無	13.7	13.2
	15	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Ba(1)	Al	無	無	13.6	13.1
比較例1	16	AlN	Ag—Cu—Ti			Cu	有	有	10.2	4.3
	17	Si ₃ N ₄	Ag—Cu—Ti			Cu	無	有	12.5	5.5
	18	AlN	Bal.	20	—	Cu	無	無	9.8	6.5
	19	Si ₃ N ₄	Bal.	—	Mg(20)	Cu	無	無	10.2	6.8
	20	AlN	Bal.	0.001	—	Cu	無	無	4.8	4.3

【0076】表1に示すように、微小クラック発生有無の観察を行ったところ、実施例1の試料では、500サイクル後また1000サイクル後での微小クラックの発生がいずれにおいてもみられなかったが、比較例1では、微小クラックの発生が観察された。

【0077】また、ピール強度を測定した結果、実施例1は、500サイクル後また1000サイクル後でのピール強度はいずれの場合においても10kgf/cm以上の値を示しており、高耐熱サイクル性を有するセラミックス回路基板が得られることが分かった。特に、Si元素を添加したAlろう材については、Si含有量が0.01wt%以上7wt%以下、さらには0.05wt%以上2wt%以下が好ましいことが分かった。

【0078】また、アルカリ土類金属についてもほぼ同様の傾向が見られ、Alろう材に含有させる第2の成分の量は12wt%以下、好ましくは1wt%以下がよく、それ以上多いと添加のさらなる効果が十分得られず、逆に、0.01wt%未満であると添加そのものの効果が得られず、接合強度も7kg/cm未満になってしまった。各種添加元素の中ではSiが最も効果的である。これはAlと共晶化合物を形成しやすいためであると考えられる。また、金属回路板にAl板またはCu板を用いたものどちらに関してもほぼ同様の傾向が得られた。

【0079】比較例1の試料16、17ではろう材としてAg-Cu-Tiを用いた。すなわち活性金属法によ

りセラミックス基板とCu回路板とを接合したため、両者は強固に結合され、これにより残留応力が高くなり、また、その後の熱負荷サイクルによる熱応力が増大してしまった。

【0080】一方、本実施例1では、降伏応力が20MPa以下の軟質金属であるAlを主成分とするろう材を用いたため、セラミックス基板とCu回路板との線膨張係数差に起因する残留応力を低減でき、さらには熱負荷サイクルによる熱応力をも低減できることから、熱応力によるクラックが生じにくく、セラミックス基板とCu回路板との接合強度を向上することができた。

【0081】一方、ろう材中のSiまたはアルカリ土類金属元素含有量を過大または過少に設定した試料18、19、20の回路基板においては、接合強度が低下することが判明した。これはAlろう材と金属回路板とが合金化してしまい脆弱な金属間化合物を金属回路板の厚さの10%を超えて厚さの40%と多量に形成してしまったためである。

【0082】実施例2（表2：試料No. 21～試料No. 31）

本実施例2は、表2に示すNo. 21ないしNo. 31の試料に基づいて説明する。試料No. 21ないし試料No. 25、試料No. 28ないし試料No. 31は、AlN基板（ $k=170\text{W/mK}$ ）をセラミックス基板として用いた。また、試料No. 26は、Si₃N₄基板（ $k=70\text{W/mK}$ ）を用い、試料No. 27は、A

12O₃基板をセラミックス基板として用いた。これらのセラミックス基板の上下面に、表2に示すAlを主成分とし、Siを0.1~2wt%添加したAl-Siろう材ペーストをスクリーン印刷した。

【0083】次に印刷面上に、表2に示す厚さ50μmのAg箔、Zn箔、In箔、Sn箔またはNi箔からなる隔離層を配置した。なお、試料No. 29においては、Al-Siろう材ペーストをスクリーン印刷した後、さらに、平均粒径10μmのSn粉末を含むSnペーストをスクリーン印刷して隔離層を形成した。また、試料No. 30においては、隔離層としてAg箔の厚さを5μmにしたもの、試料No. 31は、隔離層としてSn粉末の平均粒径が20μmのSnペーストを使用した。

【0084】その後、隔離層を介して金属回路板としてのCu回路板またはNi回路板を配置した。そして、真空中、650℃の温度で加熱処理し、セラミックス基板とCu回路板またはNi回路板とを接合し、各試料のセラミックス回路基板を調製した。

【0085】セラミックス回路基板の表パターンは、厚さ0.635mmのSi₃N₄基板上に接合された厚さ0.3mmのCu板によって形成される。また、裏パターンは、Si₃N₄基板上に接合された厚さ0.25mmのCu板によって形成される。

【0086】比較例2（表2：試料No. 32、試料No. 33）

本比較例2では、表2に示すNo. 32およびNo. 33の試料に基づいて説明する。試料No. 32はAlN基板（ $k=170\text{W/mK}$ ）を用い、試料No. 33はSi₃N₄基板（ $k=70\text{W/mK}$ ）をセラミックス基板として用いた。

【0087】試料No. 32および試料No. 33は、AlN基板およびSi₃N₄基板の上下面に、表2に示すAg-Cu-Ti系ろう材ペースト（Ti含有量2.5wt%）をスクリーン印刷した。その後、各基板の各印刷面上に、Cu回路板を配置した。その後、真空中で850℃の温度で加熱処理し、セラミックス基板とCu回路板とを接合し、比較例2に係るセラミックス回路基板を調製した。

【0088】このようにして得られた試料No. 21ないし試料No. 33のセラミックス回路基板について耐熱サイクル特性および接合強度の評価を行った。評価は、TCTサイクル毎での微小クラック発生有無の観察および接合強度（ピール強度）測定により行った。なお、TCT条件は、実施例1と同様とした。評価結果を表2に示す。

【0089】

【表2】

	試料No.	セラミック基板	接合層		隔離層		金属回路板		クラック発生の有無		接合強度(kgf/cm)	
			ろう材成分(重量%)		種類	厚さまたは平均粒径			TCTサイクル数	TCTサイクル数	500	1000
実施例2	21	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Ag箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	500	1000
	22	AlN	Al(Bal.)	Si(2)	Zn箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	19.2	17.5
	23	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	In箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	17.3	18.0
	24	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Sn箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	19.2	19.2
	25	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Sn箔	厚さ50 μ m	Ni	無	無	無	17.7	17.9
	26	Si ₃ N ₄	Al(Bal.)	Si(0.05)	Sn箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	15.0	15.4
	27	Al ₂ O ₃	Al(Bal.)	Si(0.05)	Sn箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	20.3	21.7
	28	AlN	Al(Bal.)	Si(0.1)	Ni箔	厚さ50 μ m	Cu	無	無	無	15.4	13.9
	29	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Snペースト	平均粒径10 μ m	Cu	無	無	無	14.1	13.5
	30	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Ag箔	厚さ5 μ m	Cu	無	無	無	13.2	13.0
	31	AlN	Al(Bal.)	Si(0.05)	Snペースト	平均粒径20 μ m	Cu	無	無	無	18.1	16.9
比較例2	32	AlN	Ag-Cu-Ti		-		Cu	有	有	有	12.8	12.2
	33	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Ti		-		Cu	無	無	有	10.2	4.3
							Cu	無	有	有	12.5	5.5

【0090】表2に示すように、微小クラック発生の有無を調査したところ、実施例2の試料では、500サイクル後また1000サイクル後での微小クラックの発生が観察されなかったが、比較例2の試料では、微小クラックの発生が観察された。

【0091】また、表2に示すように、接合強度を測定した結果、実施例2の試料は、500サイクル後および

1000サイクル後でのピール強度はいずれの場合においても12.0kgf/cm以上の値を示しており、比較例2の試料に比較して接合強度が格段に向上していることが分かった。

【0092】実施例2では、金属回路板としてCu回路板を用いており、またろう材からなる接合層と金属回路板との間に、周期率表のIb、IIb、IIIb、IV

b族の少なくとも1種類の元素からなる隔離層(Ag箔、Zn箔などの金属箔)を設けているため、ろう材中のAl成分と金属回路板のCu成分との合金化を防止することができ、接合強度が高く維持された。

【0093】また、同じ材料のAg箔を用いた試料No. 21とNo. 30を見て分かる通り、Ag箔の厚さが10μmより小さくなると接合強度はやや落ちる。これは隔離層の厚さが10μm以下になるとAl系ろう材とCu板との合金化を防止する効果が低下するためと考えられる。

【0094】同様に同じ材料のSn粉末ペーストを用いた試料No. 29とNo. 31とを比較すると、隔離層を形成する金属粉末の平均粒径が大きい試料No. 31の方が接合強度はやや低下している。これは隔離層の密度が十分でないためAl系ろう材とCu回路板の合金化を防止する効果が十分でないためと考えられる。

【0095】実施例3(表3:試料No. 34~試料No. 39)

本実施例3は、表3に示すNo. 34ないしNo. 39の試料に基づいて説明する。

【0096】試料No. 34ないし試料No. 36、試料No. 38は、同一焼成ロットのAlN基板($k=170\text{ W/mK}$)をセラミックス基板として用いた。試料No. 37および試料No. 39では、Si₃N₄基板($k=70\text{ W/mK}$)を用いた。

【0097】これらのセラミックス基板の上下面に、試料No. 34ないし試料No. 37は、表3に示すAlを主成分とし、平均粒径が10μmのSi粉末を含むろう材ペーストをそれぞれスクリーン印刷して第1接合層を形成した。

【0098】その後、印刷面上に、表3に示すように、厚さ30μmのNi箔、In箔またはSn箔を配置して隔離層を形成した。さらに、この隔離層上に表3に示すAlを主成分としたろう材ペーストを再度スクリーン印刷して第2接合層を形成した後、Cu回路板を配置した。

【0099】一方、試料No. 38および試料No. 39は、各セラミックス基板上に、表3に示すAlを主成分としSiを添加したAl-Si合金を配置し、第1接合層を形成した。

【0100】第1接合層上に、厚さ50μmのNi箔を配置して隔離層を形成し、この隔離層上にAlを主成分としSiを添加したAl-Si合金を配置し、第2接合層を形成した。さらにこの第2接合層上にCu回路板を配置した。

【0101】その後、No. 34ないしNo. 39の試料を、真空中、650℃の温度で加熱処理し、セラミックス基板とCu回路板とを接合し、それぞれ実施例3に係るセラミックス回路基板を調製した。

【0102】比較例3(表3:試料No. 40、試料N

o. 41)

比較例3は、表3に示すNo. 40およびNo. 41の試料に基づいて説明する。そして、実施例3の第1接合層の形成のみを行い、第2接合層の形成は行わず、以下のように製造した。

【0103】すなわち、試料No. 40および試料No. 41においては、それぞれAlN基板($k=170\text{ W/mK}$)およびSi₃N₄基板($k=70\text{ W/mK}$)を用い、これらのセラミックス基板に対し、Alを主成分としSiを添加したAl-Siろう材ペーストをスクリーン印刷して第1接合層を形成した。この印刷面上に厚さ5μmのNi箔を配置して隔離層を形成した後、Cu回路板を配置した。そして、真空中、650℃の温度で加熱処理し、セラミックス基板とCu回路板とを接合して、比較例3に係るセラミックス回路基板を調製した。

【0104】このようにして得られた実施例3および比較例3の試料について、耐熱サイクル特性および接合強度の評価を行った。評価は、TCTサイクル毎における微小クラック発生の有無の観察および接合強度(ピール強度)測定により行った。なお、TCT条件は、実施例1と同様とした。評価結果を表3に示す。

【0105】

【表3】

試料No.	セラミック基板	第1接合層 ろう材または合金層の成分 (重量%)	隔離層	第2接合層 ろう材または合金層の成分 (重量%)	金属回路板	クラック発生の有無		接合強度(kgf/cm)	
						TCTサイクル数	500	1000	TCTサイクル数
34	AlN	ろう材Al(Bal.)Si(0.05)	Ni箔	ろう材Al(Bal.)Si(1)	Cu	無	無	15.4	14.1
35	AlN	ろう材Al(Bal.)Si(0.05)	In箔	ろう材Al(Bal.)Si(12)	Cu	無	無	13.9	13.2
36	AlN	ろう材Al(Bal.)Si(0.05)	Sn箔	ろう材Al(Bal.)Si(12)	Cu	無	無	14.2	13.6
37	Si ₃ N ₄	ろう材Al(Bal.)Si(0.05)	Ni箔	ろう材Al(Bal.)Si(12)	Cu	無	無	20.4	20.0
38	AlN	合金層Al(Bal.)Si(0.05)	Ni箔	合金層Al(Bal.)Si(12)	Cu	無	無	15.0	14.7
39	Si ₃ N ₄	合金層Al(Bal.)Si(0.05)	Ni箔	合金層Al(Bal.)Si(0.1)	Cu	無	無	19.8	18.8
40	AlN	ろう材Al(Bal.)Si(1.0)	Ni箔	-	Cu	無	有	8.8	4.7
41	Si ₃ N ₄	ろう材Al(Bal.)Si(1.0)	Ni箔	-	Cu	無	無	9.4	6.6

【0106】表3に示すように、微小クラック発生の有無を観察したところ、実施例3の試料では、500サイクル後および1000サイクル後での微小クラックの発生がみられなかったが、比較例3の試料では、微小クラックの発生が観察された。

【0107】また、表3に示すように、接合強度を測定した結果、比較例3の試料においても、隔離層を設けたため、ろう材のAlと金属回路板のCuとの合金化を防

止して、クラックの発生が防止でき、また、セラミックス基板とCu回路板との接合強度を向上させることができた。

【0108】さらに、本実施例3のように、隔離層上にAlなどの軟質金属を主成分とした第2接合層を設けたため、実施例3の試料は、500サイクル後および1000サイクル後でのピール強度はいずれの場合においても10kgf/cm以上の高い値を示しており、比較例3の試料に比較して接合強度が格段に向上していることが判明した。また、表には示さないがAl系ろう材の厚さ、隔離層の厚さ等の変化に対する影響は、実施例2とほぼ同様の傾向を示した。

【0109】従って、本実施形態によれば、軟質金属であるAlを主成分としたろう材からなる接合層と、周期率表のIb、IIb、IIIb、IVb、VIIb族の少なくとも1種類の元素からなる隔離層とを介して金属回路板を接合し回路基板とすることにより、クラック発生を防止できるとともに、長時間熱負荷がかかった場合でも高い接合強度を維持できる。

【0110】さらに、本実施例のように、ろう材からなる接合層を複数積層することにより、接合層を一層とした場合と比較して、熱負荷サイクルによる熱応力をより低減できるため、熱応力によるクラックが生じにくく、セラミックス基板とCu回路板との接合強度を向上させることができる。

【0111】このように、本実施例のセラミックス回路基板によれば、高耐熱サイクル性および高接合強度を兼ね備え、電子機器としての動作信頼性を向上させたセラミックス回路基板を得ることができる。

【0112】次に、セラミックス基板として高熱伝導性窒化けい素基板を用いるとともに、金属回路板としてアルミニウム回路板を用いた本発明の他の実施形態について、図4および図5を参照して説明する。

【0113】実施例4～9および比較例4～5
図4は、単層構造のセラミックス回路基板の構成を示す断面図である。この図4に示すように、本実施形態のセラミックス回路基板1aは、窒化珪素基板2の両面にアルミニウム回路板3、4を接合した単層基板構成とされている。

【0114】窒化珪素基板2の作製にあたっては、まず窒化珪素粉末に希土類酸化物粉末、ハフニア粉末、アルミナ粉末等の焼結助剤を添加、混合して原料混合粉末を調製する。出発原料としての窒化珪素粉末には、平均粒径が5μm以下の微粉末を用いることが好ましい。このような微粒子状の窒化珪素粉末を用いることによって、緻密質で機械的特性に優れと共に、熱伝導率の高い窒化珪素焼結体、即ち、窒化珪素基板2が得られる。窒化珪素粉末の平均粒径は1μm以下であることがさらに好ましく、特に好ましくは0.5μm以下である。

【0115】また、焼結助剤として添加する希土類元素

としては、Y、La、Sc、Pr、Ce、Nd、Dy、Gd、Er等の酸化物、もしくは焼結操作によりこれらの酸化物となる物質が挙げられる。また、Hfの酸化物を用いることもできる。これらは単独で、または2種以上の組合せて含有される。特に、酸化イットリウム(Y_2O_3)が好ましい。これらの焼結助剤は、窒化珪素原料粉末と反応して液相を生成し、焼結促進剤として機能する。

【0116】上記焼結助剤の添加量は、酸化物換算で窒化珪素粉末に対して2～17.5wt%の範囲に設定することが好ましい。この添加量が2wt%未満であると、焼結体が緻密化されず、低強度で低熱伝導率の窒化珪素焼結体となってしまう。一方、添加量が17.5wt%を超えると、過量の粒界相が生成し、熱伝導率や強度が低下し始める。特に好ましくは5～12wt%の範囲である。

【0117】また、他の添加成分としてのアルミナ(Al_2O_3)は、上記希土類元素の焼結促進剤としての機能を助長する役割を果たすものである。アルミニウム源としてのアルミナの添加量が0.5wt%未満の場合には緻密化が不十分となる一方、2wt%を超えると過量の粒界相が生成したり、また窒化珪素に固溶し始めて熱伝導率の低下が起こる。このため、アルミナの添加量は0.5～2.0wt%の範囲に設定することが好ましい。

【0118】特に強度および熱伝導率共に良好な性能を確保するためには、添加量を0.7～1.5wt%の範囲に設定することが望ましい。酸化マグネシウム(MgO)または酸化ハフニウム(HfO_2)などを0.1～2wt%添加しても強度や焼結性の向上が見られる。また、必要に応じ焼結後に100℃/時間以下の除冷により、粒界相の結晶化を行うことができ、これにより窒化珪素焼結体の熱伝導性を向上させることができる。粒界相の結晶化率は20%以上、好ましくは50%以上とする。

*

	接合法	Si量 (wt%)		TCTテスト前の ピール強度 (kg/cm)	TCTテスト1000サイクル後のピール強度 (kg/cm)
		ろう材	Al回路板		
実施例4	直接接合法	—	20	16.2	15.5
実施例5	直接接合法	—	10	17.1	16.6
実施例6	直接接合法	—	1.5	18.0	17.8
実施例7	直接接合法	—	0.1	18.1	17.8
実施例8	直接接合法	—	0.05	17.3	16.9
実施例9	直接接合法	—	0.01	16.8	16.4
比較例4	活性金属接合法	Ag-Cu-Tiろう材		12.1	5.8
比較例5	銅直接接合法	—		10.3	2.5

【0124】上記表4に示すように、本実施形態（実施例4～9）の回路基板は、比較例のものと接合後のピール強度は変わらないが、1000サイクルのTCT試験

後のピール強度を比較すると本実施例の方が優れている

ことが認められた。特に、比較例のものはTCT試験後のピール強度の落ち込みが大きく、このような特性では近年のパワートランジスタモジュール等の発熱の大きな用途に適用することは難しいと言える。

【0125】また、前記表4から明らかなように、Al-Si合金板のSi含有量が、0.01~50wt%，さらには0.05~2wt%である場合に、特に好ましい結果が得られることがわかった。

【0126】このように、本実施形態によれば、金属回路板を銅回路板とした場合に比べて熱サイクルが付加された際に窒化珪素基板2に発生するクラックの抑制効果を大幅に向上でき、それにより特に耐用性の面での有用性を高めることができる。

【0127】図5は、多層構造のセラミックス回路基板1bの構成を示す断面図である。この図5に示すように、本実施形態のセラミックス回路基板1bは、2枚の窒化珪素基板2、2がアルミニウム回路板5を介して接合され、さらに各窒化珪素基板2、2の外側面にそれぞれアルミニウム回路板3、4が接合されている。接合構成は図4の場合と同様である。

【0128】このような構成の場合にも、前記同様の強度結果が得られた。そして、この場合には、積層構造とすることにより機器に対する実装スペースの縮小化に寄与でき、しかもその場合に、熱サイクルに対する窒化珪素基板のクラック抑制効果を失うこともない。

【0129】以上のように、本実施例に係るセラミックス基板によれば、アセンブリ工程での締付により発生する割れ防止に対して高い有効性を発揮できるのは勿論、金属回路板を銅回路板とした場合に比し、熱サイクルが付加された際に窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果を大幅に向上でき、それにより特に耐用性の面での有用性を高めることができる。

【0130】また、機器に対する実装スペースの縮小化に寄与でき、しかもその場合に、熱サイクルに対する窒化珪素基板のクラック抑制効果を失うことがなく、小型化および強度の両面から優れた効果が奏される。

【0131】次に金属回路板の周縁部に薄肉部、孔、溝を形成したセラミック回路基板の実施例について説明する。

【0132】実施例10

厚さ0.5mm、純度99%以上のアルミニウム板を用意し、エッチングによりこのアルミニウム板の外周縁部より1mmまでの部分の厚さを0.25mmとして、図18に示すように薄肉部3bを形成した。その後、このアルミニウム板を厚さ0.7mmの窒化アルミニウム基板に直接接合してセラミックス回路基板を作製した。

【0133】実施例11

厚さ0.5mm、純度99%以上のアルミニウム板を用意し、図19に示すように、エッチングによりこのアルミニウム板の外周縁部内側に複数の孔6aを設けた。孔

の直径は0.5mm、各孔の間隔は、0.5mm、かつ孔の縁部が外周縁部より0.5mmとなるようにした。このアルミニウム板を厚さ0.7mmの窒化アルミニウム基板に直接接合してセラミックス回路基板を作製した。

【0134】実施例12

厚さ0.5mm、純度99%以上のアルミニウム板を用意し、図20に示すように、エッチングによりこのアルミニウム板の外周縁部内側に複数の溝7を設けた。溝の深さは0.25mm、溝の幅は、0.05mm、かつ溝の縁部が外周縁部より0.5mmとなるようにした。このアルミニウム板を厚さ0.7mmの窒化アルミニウム基板に直接接合してセラミックス回路基板を作製した。

【0135】比較例6

厚さ0.5mm、純度99%以上のアルミニウム板を用意し、このアルミニウム板には薄肉部、孔、溝は形成しなかった。このアルミニウム板を厚さ0.7mmの窒化アルミニウム基板に直接接合してセラミックス回路基板を作製した。

【0136】上記のようにして作製した実施例10~12および比較例6のセラミックス回路基板に対して冷熱サイクル試験（TCT：233K×30分→RT×10分→398K×30分→RT×10分を1サイクルとする。RTは室温。）を施し、この熱サイクル付加時における応力分布を測定した。

【0137】各実施例と比較例6の結果を図18、19および20に示す。

【0138】各図から明らかなように、アルミニウム板の外周縁部内側に薄肉部3b、孔6aまたは溝7を設けたものは、いずれも外周縁部に発生した応力を緩和し、アルミニウム板の外周縁部付近の応力は、低くなっていることがわかる。

【0139】これに対して、アルミニウム板に何も加工をしなかった比較例6においては、アルミニウム板の外周縁部に大きな応力が生じており、クラック等の発生の虞があることが判明した。

【0140】上記実施例のセラミックス回路基板によれば、金属回路板の周縁部に薄肉部、孔、溝が形成されているため、冷熱サイクルが付加された場合等に、金属回路板に生じる熱応力や残留応力を分散させることによって金属回路板の外周縁部への応力集中を抑制し、セラミックス回路基板にクラックが発生することを抑制することができる。

【0141】

【発明の効果】以上説明の通り、本発明に係るセラミックス回路基板によれば、高い接合強度を有するとともに、高耐熱サイクル性を有し、電子機器としての動作信頼性を向上させたセラミックス回路基板を得ることができる。

【0142】特に、セラミックス基板を窒化珪素基板と

することにより、アッセンブリ工程での締付により発生する割れ防止に対して高い有効性を発揮できるのは勿論、金属回路板を銅回路板とした場合に比し、熱サイクルが付加された際に窒化珪素基板に発生するクラックの抑制効果を大幅に向上でき、それにより特に耐用性の面での有用性を高めることができるセラミックス回路基板を提供することができる。

【0143】また、機器に対する実装スペースの縮小化に寄与でき、しかもその場合に、熱サイクルに対する窒化珪素基板のクラック抑制効果を失うことがないセラミックス回路基板を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るセラミックス回路基板の構成を示す平面図。

【図2】図1に示すセラミックス回路基板の断面図。

【図3】図1に示すセラミックス回路基板の背面図。

【図4】本発明に係るセラミックス回路基板の他の実施例を示すもので、単層基板構造とした回路基板の構造を示す断面図。

【図5】本発明に係るセラミックス回路基板の他の実施例を示すもので、多層基板構造とした回路基板の構造を示す断面図。

【図6】金属回路板の外周縁部内側に薄肉部を設けた場合の一例を示す平面図。

【図7】金属回路板の外周縁部内側に薄肉部を設けた場合の一例を示す断面図。

【図8】金属回路板の外周縁部内側に孔を設けた場合の一例を示す平面図。

【図9】図8の一部分を拡大した平面図。

【図10】孔の形状を矩形とした場合の一例を示す平面

図。

【図11】金属回路板の外周縁部内側に孔を設けた場合の一例を示す断面図。

【図12】孔の深さ方向の形状の他の例を示す断面図。

【図13】孔を貫通孔とした場合の一例を示す断面図。

【図14】金属回路板の外周縁部内側に不連続な溝を設けた場合の一例を示す平面図。

【図15】図14の一部分を拡大した平面図。

【図16】溝の断面形状の一例を示す断面図。

【図17】溝の断面形状の他の例を示す断面図。

【図18】冷熱サイクル試験実施後の実施例10の応力分布を表す図。

【図19】冷熱サイクル試験実施後の実施例11の応力分布を表す図。

【図20】冷熱サイクル試験実施後の実施例12の応力分布を表す図。

【符号の説明】

1, 1a, 1b, 1c, 1d, 1e セラミックス回路基板

2 セラミックス基板 (AlN基板, Si₃N₄基板, Al₂O₃基板)

3, 4, 5 金属回路板 (Al回路板, Cu回路板)

3a 金属回路板の外周縁部

3b 金属回路板の薄肉部

6 孔

6a 非貫通孔

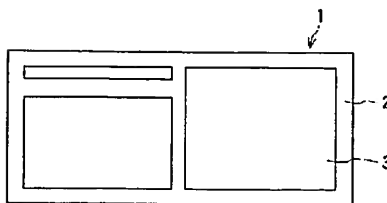
6b 貫通孔

7 溝

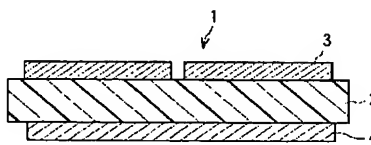
7a U字状溝

7b V字状溝

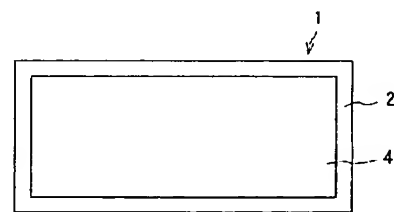
【図1】



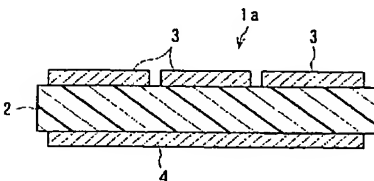
【図2】



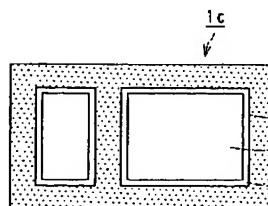
【図3】



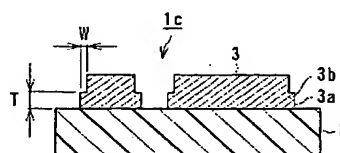
【図4】



【図6】

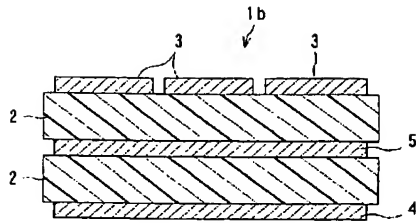


【図7】



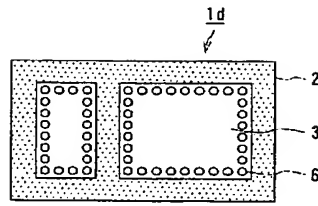
1:セラミックス回路基板
2:セラミックス基板
3:金属回路板(表側)
4:金属回路板(裏側)

【図5】



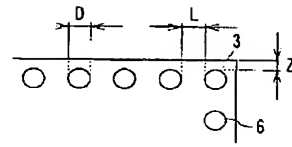
1a, 1b: セラミックス回路基板
2: セラミックス基板 (SiN₄基板)
3, 4, 5: 金属回路板 (Al回路板)

【図8】

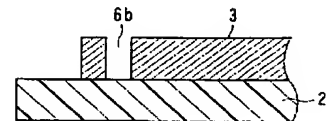


1c, 1d: セラミックス回路基板
2: セラミックス基板
3: 金属回路板 (Al回路板)
3a: 外周縁部
3b: 薄肉部
6: 孔

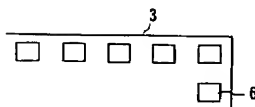
【図9】



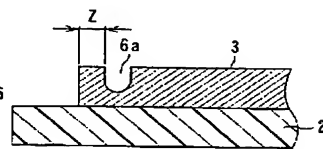
【図13】



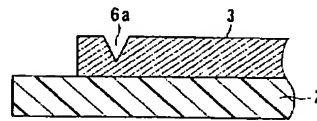
【図10】



【図11】

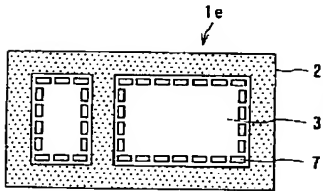


【図12】

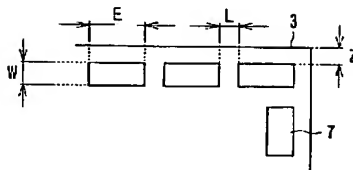


3: 金属回路板 (Al回路板)
6: 孔
6a: 非貫通孔

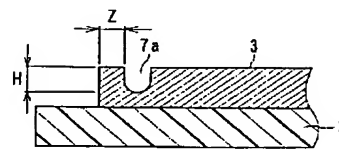
【図14】



【図15】

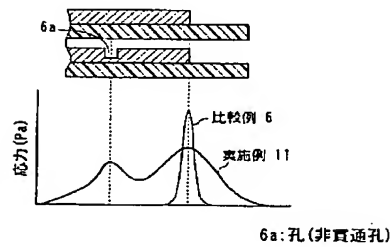


【図16】

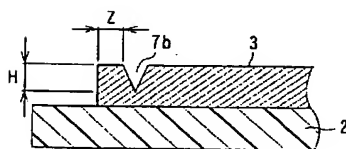


1e: セラミックス回路基板
2: セラミックス基板
3: 金属回路板
6b: 貫通孔
7: 溝

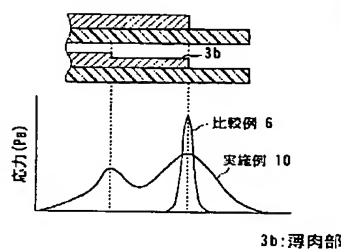
【図19】



【図17】

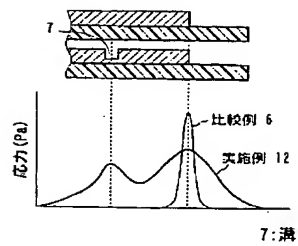


【図18】



2: セラミックス基板
3: 金属回路板
7a: 溝 (U字状)
7b: 溝 (逆三角形形状)

【図20】



フロントページの続き

(72) 発明者 中山 憲隆
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株
式会社東芝横浜事業所内

(72) 発明者 五代儀 靖
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株
式会社東芝横浜事業所内

F ターム (参考) 4E351 AA07 AA08 BB01 BB24 BB30
BB38 CC18 DD10 DD11 DD21
GG01

5E338 AA02 AA03 AA18 BB75 CC01
CD01 CD11 EE28

5E343 AA02 AA24 BB08 BB15 BB28
BB67 CC01 CC07 DD51 EE21
GG01

5E346 AA02 AA22 BB01 CC17 CC19
CC34 EE43 GG28 HH11